

Docket No.: 56937-047

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Toshio INAJI, et al.

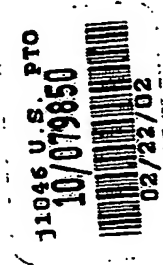
Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: February 22, 2002

Examiner:

For: DISK STORAGE APPARATUS



**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2001-050896, filed February 26, 2001

and

Japanese Patent Application No. 2001-075519, filed March 16, 2001

cited in the Declaration of the present application. Certified copies are submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

Michael E. Fogarty
Registration No. 36,139

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 MEF:prp
Date: February 22, 2002
Facsimile: (202) 756-8087

INATT et al.
February 28, 2002

日 本 国 特 許 庁 *McDermott, Will & Emery*
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 2月26日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-050896

出 願 人
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

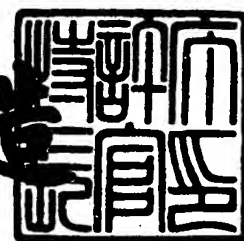
11046 U.S. PTO
10/079850
02/22/02

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年12月21日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3110281

【書類名】 特許願

【整理番号】 2037230013

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 21/10

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 稲治 利夫

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 高祖 洋

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086737

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡田 和秀

【電話番号】 06-6376-0857

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007401

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9305280

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を出力する外乱推定手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記外乱推定信号が所定値を超えたときに切換信号を出力する外乱監視手段と、前記切換信号に応じて前記ヘッドによる記録を禁止する記録禁止手段とを具備し、前記駆動信号は前記位置制御信号と前記外乱推定信号を合成して得られ、前記ディスク上へのデータの記録時に前記外乱推定信号が所定値を超えた場合には前記記録禁止手段により前記ヘッドによる前記ディスクへの記録を禁止するように構成されていることを特徴とするディスク装置。

【請求項 2】 前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第 1 の係数を乗算する第 1 の乗算手段と、前記比較手段の出力に第 2 の係数を乗算する第 2 の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第 1 の積分手段と、前記第 1 の乗算手段の出力から前記第 2 の乗算手段の出力と前記第 1 の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第 2 の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第 2 の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第 2 の乗算手段と前記第 1 の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のディスク装置。

【請求項 3】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した

位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記電圧信号と前記位置制御信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を出力する外乱推定手段と、前記外乱推定信号が所定値を超えたときに切換信号を出力する外乱監視手段と、前記切換信号に応じて前記ヘッドによる記録を禁止する記録禁止手段とを具備し、前記駆動信号は前記位置制御信号と前記外乱推定信号を合成して得られ、前記ディスク上へのデータの記録時に前記外乱推定信号が所定値を超えた場合には前記記録禁止手段により前記ヘッドによる前記ディスクへの記録を禁止するように構成されていることを特徴とするディスク装置。

【請求項 4】 前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記位置制御信号に第 1 の係数を乗算する第 1 の乗算手段と、前記比較手段の出力に第 2 の係数を乗算する第 2 の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第 1 の積分手段と、前記第 1 の乗算手段の出力から前記第 2 の乗算手段の出力を減算した値を積分する第 2 の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第 2 の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第 2 の乗算手段と前記第 1 の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項 3 に記載のディスク装置。

【請求項 5】 前記外乱推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいずれかに記載のディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ヘッドなどの記録／再生ヘッドをアクチュエータにより記録媒体であるディスクの目標トラックの所望の位置へ高精度に位置決めするディスク装置に関し、さらにディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータの受ける慣性力などの外乱によるヘッドのトラックずれを抑制するように構成されているディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、磁気ディスク装置は、小型化、大容量化が急速に進んでいる。特に磁気ディスク装置の大容量化については、磁気ディスクのトラック密度の高密度化が進み、トラックピッチはさらに狭くなる傾向にある。そのため、磁気ディスクにデータを記録再生するため、狭いトラックピッチで形成された目標トラックに磁気ヘッドを高い精度で位置決めすることが必要になってきている。

【0003】

従来の磁気ディスク装置においては、磁気ヘッドを位置決めするために磁気ディスクにサーボ情報を予め形成しておき、このサーボ情報に従って磁気ヘッドの位置決め制御が行われている。すなわち、サーボ情報を磁気ヘッドで読み取ることにより、目標トラックに対する磁気ヘッドの位置誤差を示す誤差信号を生成し、この誤差信号の大きさが最小となるように磁気ヘッドは位置決め制御されている。

【0004】

したがって、磁気ヘッドの位置決め精度を高めるためには、磁気ヘッドの位置決め制御系の制御周波数を高く設定して、磁気ヘッドを目標トラックに迅速に位置決めし、必要な位置決め精度を確保していた。

【0005】

しかし、位置決め機構のアクチュエータ自体には高次の固有機械共振が存在する場合があります。位置決め精度を高めるため制御周波数を高くすると、その固有機械共振により位置決め制御系が不安定になってしまうという問題がある。したがって、実際にはアクチュエータ自体の固有機械共振により、制御周波数の帯域は制限されるため、位置決め制御系の制御周波数を高めることには限界があった。そこで、磁気ヘッドの位置決め精度を高めるためには、位置決め精度を悪化させる要因であるアクチュエータに作用する外乱を低減することが行われている。

【0006】

近年のトラック密度の高密度化とアクチュエータの小型軽量化により、アクチュエータに作用する外力が位置決め制御系に与える影響は大きい。しかも、磁気ディスク装置の小型化と高記録密度化に伴って、磁気ヘッドの高精度位置決めの要求は厳しくなる一方で、これら磁気ディスク装置では、フィードフォワード制

御により外力を補償することが行われている。

【0007】

例えば、磁気ディスクに記録されたサーボ情報からヘッド位置信号を得て、このヘッド位置信号とアクチュエータの駆動信号を入力とする外力推定手段により外力を補償する方法が提案されている（例えば、特開平9-231701号公報参照）。

【0008】

また、近年、磁気ディスク装置は、携帯型のコンピュータなどに搭載されることが多く、このような携帯型のものは外部からの振動や衝撃を受けやすい。このような振動や衝撃に対して、磁気ディスク装置は高精度な位置決め状態を保持して目標トラックに追従させることは極めて困難である。

【0009】

このような外部から加わる振動や衝撃に対して位置決め精度を確保する方法としては、磁気ヘッドの搭載された回転型アクチュエータ回転軸と磁気ヘッドを結ぶ面上に2つの加速度センサを設け、検出された信号をフィードフォワードすることで、磁気ヘッドの位置決め精度が振動や衝撃に対して低下するのを補償する方法がある（例えば、特開平4-123374号公報参照）。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の従来技術においては、外力推定手段は、ヘッド位置信号とアクチュエータの駆動信号とを入力とする。磁気ディスクに記録されたサーボ情報は、一定のサンプリング周期をもつ離散的な状態でディスクに記録されているため、ヘッド位置信号は連続信号ではない。したがって、外力推定手段の外力を推定できる制御帯域は、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受け、セクタサーボのサンプリング周波数によって上限が存在することになる。その結果、アクチュエータ手段に加わる外力を正確に推定することができず、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦などの外乱を良好に打ち消すことができないといった問題があった。その結果、ヘッドを目標トラックに対して正確に追従させることができなかった。

【 0 0 1 1 】

また、上記の従来技術のように、磁気ディスク装置の外部から加わる振動や衝撃に対して位置決め精度を確保するために、これらの振動や衝撃の大きさを検出する加速度センサを筐体内に設けることは、装置の小型化および低価格化を阻害する。

【 0 0 1 2 】

本発明は、上記問題点に鑑み、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と回路基板とを接続するフレキシブルプリント回路（FPC）の弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段に作用する慣性力などの外乱を補償することにより、狭いトラックピッチで形成された目標トラックに対してヘッドを高い精度で位置決め制御することが可能なディスク装置を提供することを第1の目的とする。

【 0 0 1 3 】

また、本発明は、ディスク装置の筐体内に従来のような複数の加速度センサを特別に設けることなく、小型化および低価格化を実現することが可能なディスク装置を提供することを第2の目的とする。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力、衝撃や振動により受ける慣性力などによる外乱を打ち消すために、その外乱の大きさを推定する。この外乱の大きさを推定に際して、2つの要素を用いる。1つは、アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し、その検出結果としての電圧信号を用いる。もう1つは、アクチュエータ手段の駆動手段における駆動信号である。ここで、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよい。また、駆動手段における駆動信号に代えて、その駆動信号を生成するものになる位置制御信号を用いてもよい。すなわち、外乱の大きさを推定するための外乱推定手段を設け、この外乱推定手段をもって、電圧検出手段が検出した電圧信号と駆動手段における駆動信号または位置制御信号とを入力として、外乱推定信号を生成させる。

2つの要素に基づいて生成した外乱推定信号は、ヘッドに実際に加わる外乱の大きさを正確に推定したものとなる。この結果、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱の大きさを正確に推定することができる。その推定にかかわる外乱が外乱推定信号となる。

【0015】

以上のようにして正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外力に対する補償を行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時にアクチュエータ手段に作用する外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。以上のように、本発明によれば、位置決め精度を向上させることができる。また、その副次的効果として、実質的に、トラック密度の向上を可能となし、大容量のディスク装置の実現化を促すことができる。

【0016】

さらには、ディスクへのデータの記録時において、外乱監視手段は外乱推定手段で生成される外乱推定信号の大きさを常に監視し、外乱推定信号が所定値を超えた場合には、切換信号を記録禁止手段に出力し、切換信号を入力した記録禁止手段はヘッドによるディスクへの記録を禁止する。これにより、ディスク装置に加わる振動や衝撃の大きさが極めて大きく、ヘッドが目標トラックから大きくずれて隣接するトラックのデータを壊してしまうことを避けることができる。そして、この対策のために加速度センサを設ける必要がない。

【0017】

以上のように、本発明によれば、外部から振動や衝撃を受けやすい携帯型のコンピュータなどに搭載されても、振動や衝撃に対して信頼性の高いディスク装置

を実現することができ、なおかつ加速度センサを設ける必要がないので、小型化および低価格化を実現することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を総括的に説明する。

【0019】

本願第1の発明のディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を出力する外乱推定手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記外乱推定信号が所定値を超えたときに切換信号を出力する外乱監視手段と、前記切換信号に応じて前記ヘッドによる記録を禁止する記録禁止手段とを具備し、前記駆動信号は前記位置制御信号と前記外乱推定信号を合成して得られ、前記ディスク上へのデータの記録時に前記外乱推定信号が所定値を超えた場合には前記記録禁止手段により前記ヘッドによる前記ディスクへの記録を禁止するように構成されている。なお、この構成において、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよく、この点は以下でも同様である。

【0020】

この第1の発明による作用は次のとおりである。外乱推定手段は、アクチュエータ手段を駆動するための駆動手段に与える駆動信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力などの外乱の大きさやディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力を正確に推定することができる。その推定にかかわる外乱が外乱推定信号である。ここで、特に、目標トラックにヘッドを追従させるフォローイング動作時におい

て駆動信号と電圧信号とからアクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷の大きさを正確に推定できることが重要である。

【0021】

以上のようにして正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動すれば、アクチュエータ手段に加わる外乱を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外力に対する補償を行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができ、位置決め精度を向上させることができる。

【0022】

また、ディスク装置に加わる振動や衝撃の大きさによっては、アクチュエータ手段の発生する回転力だけでは外乱を抑制しきれず、ヘッドが目標のトラックから大きくずれる場合がある。本発明のディスク装置では、ディスク上へのデータ記録時において、外乱監視手段によって外乱推定手段で生成される外乱推定信号の大きさを常に監視し、外乱推定信号が所定値を超えた場合には、記録禁止手段によってヘッドによるディスクへの記録を禁止するので、ディスク装置に加わる振動や衝撃が極めて大きくてヘッドが目標トラックから大きくずれ、隣接するトラックのデータを壊してしまうことを避けることができる。

【0023】

本願第2の発明のディスク装置は、上記の第1の発明において、前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【 0 0 2 4 】

この第2の発明による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段が軸受から受ける摩擦やF P Cから受ける弾性力や衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱に対応した外乱推定信号となる。その外乱推定信号に対して前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力を加算する。そして、前記駆動トルク推定信号から前記の加算値との差分をとって第2の積分手段に与える。

【 0 0 2 5 】

以上の結果として、第1の積分手段が出力する外乱推定信号は、アクチュエータ手段が軸受やF P Cから受ける弾性力や衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すようフィードフォワード制御を行うので、フォローイング動作においてアクチュエータ手段に作用する外乱に対する補償を行うことができ、フォローイング動作時にアクチュエータ手段での外乱の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を安定に行い、位置決め精度を向上させることができる。

【 0 0 2 6 】

本願第3の発明のディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記電圧信

号と前記位置制御信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を出力する外乱推定手段と、前記外乱推定信号が所定値を超えたときに切換信号を出力する外乱監視手段と、前記切換信号に応じて前記ヘッドによる記録を禁止する記録禁止手段とを具備し、前記駆動信号は前記位置制御信号と前記外乱推定信号を合成して得られ、前記ディスク上へのデータの記録時に前記外乱推定信号が所定値を超えた場合には前記記録禁止手段により前記ヘッドによる前記ディスクへの記録を禁止するように構成されている。

【 0 0 2 7 】

この第3の発明による作用は次のとおりである。外乱推定手段は、アクチュエータ手段を駆動するため駆動手段に与えるように位置制御手段から出力された位置制御信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力や外部からの衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱の大きさを正確に推定することができる。ここで、特に、目標トラックにヘッドを追従させるフォローイング動作時において位置制御信号と電圧信号とからアクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱の大きさを正確に推定できることが重要である。

【 0 0 2 8 】

以上のようにして正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動すれば、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱を良好に打ち消すことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができ、位置決め精度を向上させることができる。

【 0 0 2 9 】

また、ディスク装置に加わる振動や衝撃の大きさによっては、アクチュエータ手段の発生する回転力だけでは外乱を抑制しきれず、ヘッドが目標のトラックから大きくずれる場合がある。本発明のディスク装置では、ディスク上へのデータ

記録時において、外乱監視手段によって外乱推定手段で生成される外乱推定信号の大きさを常に監視し、外乱推定信号が所定値を超えた場合には、記録禁止手段によってヘッドによるディスクへの記録を禁止するので、ディスク装置に加わる振動や衝撃が極めて大きくてヘッドが目標トラックから大きくずれ、隣接するトラックのデータを壊してしまうことを避けることができる。

【 0 0 3 0 】

本願第4の発明のディスク装置は、上記の第3の発明において、前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記位置制御信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【 0 0 3 1 】

この第4の発明による作用は次のとおりである。位置制御手段からの位置制御信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段が軸受から受ける摩擦やFPCから受ける弾性力や衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱に対応した外乱推定信号となる。前記駆動トルク推定信号から前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力との差分をとって第2の積分手段に与える。

【 0 0 3 2 】

以上の結果として、第1の積分手段が出力する外乱推定信号は、アクチュエータ手段が軸受やFPCから受ける外乱と衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に

推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すようにフィードフォワード制御を行うので、フォローイング動作においてアクチュエータ手段に作用する外乱に対する補償を行うことができ、フォローイング動作時にアクチュエータ手段での外乱の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を安定に行い、位置決め精度を向上させることができる。さらに、上記の第2の発明で必要とした第1の積分手段と第2の乗算手段との加算を行う必要がなく、その加算のための手段を省略することが可能で、構成の簡素化をもたらすことができる。

【 0 0 3 3 】

本願第5の発明のディスク装置は、上記の第1～第4の発明において、前記外乱推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段の制御帯域よりも大きく設定されている。

【 0 0 3 4 】

この第5の発明による作用は次のとおりである。位置決め制御系の制御帯域を広げることは比例のゲインを大きくすることであるが、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数やアクチュエータ手段がもつ固有機械共振周波数によって上限が存在することになる。これに対して、外乱推定手段ではディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、外乱推定手段においては、その制御帯域を位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。その結果として、より高い制御帯域にわたって、ヘッドを目標トラックに対して正確に追従させることができる。

【 0 0 3 5 】

なお、本発明は、磁気ディスク装置に適用する場合に最も有利に作用するが、必ずしも磁気ディスク装置にのみ限定されるものではない。

【 0 0 3 6 】

(具体的な実施の形態)

以下、本発明にかかわるディスク装置の具体的な実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、同様の機能を有するものには同一の符号を付けて説明する。

【 0 0 3 7 】

(実施の形態 1)

図 1 は本発明の実施の形態 1 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。図 1 において、符号の 1 は磁気ディスクで、スピンドルモータ（図示せず）により回転される。2 は磁気ディスク 1 に対してデータを記録再生する磁気ヘッド、3 はアームで、一端に搭載された磁気ヘッド 2 を軸受 4 の周りに回転させることにより、磁気ヘッド 2 を磁気ディスク 1 における目標トラックへ移動させる。5 はアーム 3 の後端に設けられた駆動コイル、6 は固定子（ヨーク）で、駆動コイル 5 に対向する面にはマグネット（永久磁石；図示せず）が配置されている。固定子 6 は、空隙を介して対向する一対のヨークからなり、その空隙内でその少なくとも一方のヨーク側に前記マグネットが固着されている。固定子 6 に配置されたマグネットが発生する磁束と駆動コイル 5 に通電される電流が作る磁界との相互作用によりアーム 3 は回転力を受ける。磁気ヘッド 2、アーム 3、軸受 4、駆動コイル 5、固定子 6 によりアクチュエータ 7 を構成している。

【 0 0 3 8 】

1 0 は駆動器、1 1 は駆動器 1 0 に含まれる電圧検出器で、駆動コイル 5 の両端に発生する電圧を検出し、電圧信号 V_a を出力する。1 2 は外乱推定器で、電圧検出器 1 1 の出力する電圧信号 V_a と駆動器 1 0 の入力である駆動信号 u とからアーム 3 に作用する外乱トルクを推定し、外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ を出力する。磁気ヘッド 2 で読み出された信号 s は、増幅器 1 6 で増幅され、位置検出器 1 3 に入力される。磁気ディスク 1 の各セクタには予めサーボ情報としてトラックの位置信号が記録されており、この位置信号は磁気ヘッド 2 により読み込まれ、増幅器 1 6 で増幅される。位置検出器 1 3 は、磁気ヘッド 2 により読み込まれた位置信号により磁気ヘッド 2 の現在位置を検出し、目標トラックの目標位置 r との差を示す位置誤差信号 e を生成する。位置制御器 1 4 は、位置検出器 1 3 で生成された位置誤差信号 e が入力されて、増幅および位相補償が行われ、位置制御信号 c を生成する。1 5 は補正器で、位置制御器 1 4 の位置制御信号 c と外乱推定器 1 2 の外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ とが入力され、補正器 1 5 で補正演算を施した後、駆動信号 u を駆動器 1 0 へ入力する。駆動器 1 0 は、入力された駆動信号 u に応じ

て駆動コイル 5 に駆動電流 I_a を通電し、アーム 3 を軸受 4 を中心に回転させ、アーム 3 の先端に取り付けられた磁気ヘッド 2 を回転移動させ、磁気ディスク 1 にデータを記録再生するために、磁気ヘッド 2 を狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高い精度で位置決めさせるように構成されている。18 は外乱監視手段としての比較器で、外乱推定器 12 で生成される外乱推定手信号 τd_{est} が入力されている。この比較器 18 は、外乱推定信号 τd_{est} の大きさが所定値を超えたときに切換信号 t をスイッチ 17 に出力し、スイッチ 17 のオン・オフを行う。データ入力端子 19 に入力されたデータ信号 d は、スイッチ 17 を介して増幅器 16 に入力され、スイッチ 17 が閉じているときは増幅器 16 で増幅された後、磁気ヘッド 2 により磁気ディスク 1 にデータが記録される。増幅器 16 は、磁気ヘッド 2 に対して双方向的に接続されている。スイッチ 17 をオフしたときは、磁気ヘッド 2 によるデータ信号 d の磁気ディスク 1 への書き込みが禁止される。

【 0 0 3 9 】

ここで、特許請求の範囲の記載との対照を行うと、駆動器 10 が駆動手段に相当し、電圧検出器 11 が電圧検出手段に相当し、外乱推定器 12 が外乱推定手段に相当し、位置検出器 13 が位置検出手段に相当し、位置制御器 14 が位置制御手段に相当している。また、比較器 18 が外乱監視手段に相当し、スイッチ 17 が記録禁止手段に相当している。

【 0 0 4 0 】

次に、実施の形態 1 の磁気ディスク装置の位置決め制御系の動作について図 2 を用いて説明する。図 2 は、実施の形態 1 の磁気ディスク装置における位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図である。

【 0 0 4 1 】

図中の一点鎖線で囲んだ部分 30 が外乱推定器 12 のブロックである。同じく一点鎖線で囲んだ部分 47 が補正器 15 のブロックである。なお、図 2 において、 s はラプラス演算子を表すものである。また、図 2 において、セクタサーボのサンプリングによるホールド要素については、説明を簡単にするため、これを省略してある。

【 0 0 4 2 】

図 2 において、磁気ヘッド 2 の検出した現在トラック位置を x とすれば、目標トラック位置 r に対する位置誤差信号 e は、(数 1) で表され、この位置誤差信号 e は比較器 2 0 で得られる。

【 0 0 4 3 】

【数 1】

$$e = r - x$$

図 2 のブロック 2 1 で表される位置制御器 1 4 は、比較器 2 0 から出力される位置誤差信号 e に伝達関数 $G_x(z)$ のデジタルフィルタ処理を施し、位置制御信号 c を生成して、ブロック 4 7 で表される補正器 1 5 へ出力される。位置決め制御系は、通常の P I D 制御が施され、位置制御器 1 4 の伝達関数は、(数 2) で表現できる。

【 0 0 4 4 】

【数 2】

$$G_x(z) = K_x \left\{ 1 + a_d (1 - z^{-1}) + a_i \frac{z^{-1}}{1 - z^{-1}} \right\}$$

ここで、 z^{-1} は 1 サンプル遅延を示し、 K_x は位置決め制御系の比例ゲインを示す。係数 a_d 、 a_i は周波数特性を表す定数を示し、係数 a_d は微分係数、係数 a_i は積分係数である。位置制御信号 c は加算器 4 6 を経由して駆動信号 u となる。駆動信号 u は、ブロック 2 2 (伝達関数は g_m) の駆動器 1 0 において、電圧信号から g_m 倍の電流信号に変換され、駆動電流 I_a を出力する。ブロック 2 3 で表されるアクチュエータ 7 において、駆動コイル 5 に通電される駆動電流 I_a は、それが作る磁界と前述した固定子 6 のマグネットの磁束との相互作用により伝達関数 K_t で駆動トルク τ に変換される。ここで、伝達関数 K_t はアクチュエータ 7 のトルク定数である。ブロック 2 4 の伝達関数 ($L_b / J \cdot s$) は、アーム 3 に作用する駆動トルク τ から磁気ヘッド 2 の移動速度 v への伝達特性を表わす。ここで、 J はアーム 3 の慣性モーメントを示し、 L_b はアーム 3 の軸受 4 から磁気ヘッド 2 までの距離を示している。ブロック 2 5 は積分器で、伝達関数は 1

／sで表され、磁気ヘッド2の移動速度 v は現在トラック位置 x に変換される。

【0045】

ブロック26とブロック27で表される電圧検出器11において、ブロック26はアクチュエータ7が回転することにより駆動コイル5の両端に発生する誘起電圧 E_a を出力し、ブロック27は駆動コイル5に駆動電流 I_a が通電されることにより発生する電圧降下分 $(R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a$ を出力し、加算器28でそれぞれを加算することによりアクチュエータ7の端子電圧を電圧信号 V_a として出力する。すなわち、

【0046】

【数3】

$$V_a = E_a + (R_a + L_a \cdot s) I_a$$

の関係がある。ここで、 R_a は、駆動コイル5のコイル抵抗、 L_a は駆動コイル5のインダクタンスを示す。

【0047】

アクチュエータ7の軸受摩擦やアクチュエータ7と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力や磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などのアーム3に作用する外乱 τ_d は、加算器29でブロック24の前段に入力される形に表現できる。

【0048】

図2の一点鎖線で囲んだ部分のブロック30は、外乱推定器12のブロック線図を示すもので、このブロック30は、駆動器10であるブロック22の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック32と、アクチュエータ7であるブロック23の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック33と、ブロック24の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック34と、電圧検出器11であるブロック26の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック35と、ブロック27の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック39を含んでいる。ブロック32とブロック33を合わせたものが第1の乗算器、ブロック44が第2の乗算器、ブロック43が第1の積分器、ブロック34とブロック35を合わせたものが第2の積分器をそれぞれ構成し

ている。ここで、ブロック 30 の各定数のサフィックス “n” は公称値を示し、“est” を付した変数は推定値を示す。ここで、特許請求の範囲の記載との対照を行うと、第 1 の乗算器が第 1 の乗算手段に相当し、第 2 の乗算器が第 2 の乗算手段に相当し、第 1 の積分器が第 1 の積分手段に相当し、第 2 の積分器が第 2 の積分手段に相当し、比較器 37 が比較手段に相当している。

【0049】

ブロック 22 に入力される駆動信号 u は、外乱推定器 12 を構成するブロック 32 にも入力され、ブロック 32 とブロック 33 とで $(g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することによりアーム 3 に作用する駆動トルク τ と同一の駆動トルク推定信号 τ_{est} が得られる。

【0050】

図 2 において、ブロック 34 からは速度推定信号 v_{est} が出力される。ブロック 35 で、速度推定信号 v_{est} を K_{vn} 倍することにより得られた誘起電圧推定信号 Ea_{est} と、アクチュエータ 7 に推定電流 Ia_{est} が通電されることにより発生する電圧降下分 $(R_{an} + L_{an} \cdot s) \cdot Ia_{est}$ とが加算器 36 で加算され、加算器 36 からは、電圧推定信号 Va_{est} が出力される。電圧推定信号 Va_{est} は、比較器 37 に入力され、実際に検出された電圧信号 Va と比較され、その結果の誤差信号 $\alpha (= Va - Va_{est})$ がブロック 43 で表される第 1 の積分器とブロック 44 で表される第 2 の乗算器とに入力される。第 1 の積分器 43 は、誤差信号 α を積分し、外乱についての外乱推定信号 τ_{dest} を出力する。ブロック 44 で表される第 2 の乗算器には誤差信号 α が入力され、 g_1 倍されて加算器 38 に加えられる。加算器 38 の出力は減算器 31 に入力され、ブロック 33 の出力する駆動トルク推定信号 τ_{est} から加算器 38 の出力を減算した結果 γ をブロック 34 に出力する。

【0051】

なお、ブロック 44 の係数 g_1 とブロック 43 の係数 g_2 は、外乱推定器 12 の動作を安定化するための定数であり、その詳細については後述する。

【0052】

図 2 において、一点鎖線で囲んで示したブロック 47 は、補正器 15 のブロッ

ク線図である。この補正器 1 5 に含まれるブロック 4 5 は、外乱推定信号 τd_{est} を $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することにより、アーム 3 に外乱推定信号 τd_{est} に相当する大きさの駆動力を発生させるのに必要な駆動器 1 0 への補正信号 β を生成する。補正信号 β は加算器 4 6 において位置制御信号 c に加算される。

【 0 0 5 3 】

次に、ブロック 3 0 の外乱推定器 1 2 の動作について図 3 を参照して詳細に説明する。

【 0 0 5 4 】

図 3 (a) は、図 2 のブロック 3 0 を書き直したブロック線図で、駆動信号 u の入力から外乱推定信号 τd_{est} の出力までの伝達を示す。図 3 (b) は、図 3 (a) のブロック線図において、(数 3) をもとに電圧信号 V_a の入力位置 (比較器 3 7) を等価的に変換移動することにより、図 3 (a) のブロック線図を変形したブロック線図である。ここで、説明を簡単にするため、図 2 のブロック 2 2 の g_m とブロック 3 2 の g_{mn} の値とが等しく、

【 0 0 5 5 】

【 数 4 】

$$g_m = g_{mn}$$

と仮定し、駆動電流 $I_a (= g_m \cdot u)$ と推定電流 $I_{a_{est}} (= g_{mn} \cdot u)$ とが等しいものとした。

【 0 0 5 6 】

(数 3) の第 1 項と第 2 項に着目して、第 1 項の E_a は、大きさを $(J_n \cdot s) / (L_{bn} \cdot K_{vn})$ 倍すれば、図 3 (a) の比較器 3 7 の入力位置を図 3 (b) に示す減算器 4 8 の入力位置に等価的に移動することができる。また、(数 2) の第 2 項の $(R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a$ は、図 3 (a) のブロック 3 9 に含めて、図 3 (b) のブロック 4 9 のように表現することができる。

【 0 0 5 7 】

図 3 (b) の減算器 4 8 に着目すると、減算器 4 8 の出力である δ は (数 5) のように表される。

【0058】

【数5】

$$\delta = K_{tn} \cdot I_a - \frac{J_n \cdot s}{L_{bn} \cdot K_{vn}} E_a$$

次に、図2の比較器25、ブロック24、26に着目すると、(数6)の関係がある。

【0059】

【数6】

$$E_a = \frac{L_b \cdot K_v}{J \cdot s} (K_t \cdot I_a - \tau_d)$$

ここで、簡単のために、

【0060】

【数7】

$$K_t = K_{tn}$$

【0061】

【数8】

$$\frac{L_b \cdot K_v}{J} = \frac{L_{bn} \cdot K_{vn}}{J_n}$$

と仮定し、(数6)を(数5)に代入すると、(数5)は、(数9)のように変形される。

【0062】

【数9】

$$\delta = \tau_d$$

すなわち、減算器48の出力である δ は、アーム3に加わる外乱 τ_d に等しい。

【0063】

したがって、図3(b)のブロック線図より、アーム3に加わる外乱 τ_d から

外乱推定信号 τ_{dest} までの伝達関数を求めると、(数10)に示すようになる。

【0064】

【数10】

$$\tau_{dest} = \frac{\frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_2}{s^2 + \frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_1 \cdot s + \frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_2} \cdot \tau_d$$

(数10) から、外乱推定器12は、図2の一点鎖線で囲んだブロック30内のループによって、駆動信号 u と電圧信号 V_a とから実際の外乱 τ_d を2次遅れ系で推定できることが分かる。

【0065】

ここで、2次遅れ系の自然角周波数(推定角周波数)を ω_0 、ダンピングファクタを ζ_0 とすれば、外乱推定器12の動作を安定化する定数 g_1 および g_2 はそれぞれ下記の(数11)および(数12)で表される。

【0066】

【数11】

$$g_1 = 2\zeta_0 \cdot \omega_0 \cdot \frac{J_n}{L_{bn} \cdot K_{vn}}$$

【0067】

【数12】

$$g_2 = \omega_0^2 \cdot \frac{J_n}{L_{bn} \cdot K_{vn}}$$

ここで、推定角周波数 ω_0 を位置制御帯域 f_c より十分高く設定し、ダンピングファクタ ζ_0 を0.7~1に選べば、外乱推定器12により軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱 τ_d を正確に推定することができる。

【0068】

(数10) を(数11)、(数12)を用いて変形すると、

【0069】

【数 1 3】

$$\tau_{dest} = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta_0 \cdot \omega_0 \cdot s + \omega_0^2} \cdot \tau_d$$

となる。すなわち、図 3 (a) の外乱推定器 1 2 のブロック線図は、図 3 (c) のブロック 5 2 に示すように簡略化することができる。

【0 0 7 0】

次に、ブロック 4 7 で示す補正器 1 5 の動作について図 4 を参照して詳細に説明する。

【0 0 7 1】

図 2 の一点鎖線で囲んだ部分のブロック 4 7 は、補正器 1 5 のブロック線図を示す。ブロック 4 5 は、外乱推定信号 τ_{dest} を $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍した補正信号 β を加算器 4 6 へ出力する。すなわち、外乱推定信号 τ_{dest} を $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することにより、アクチュエータ 7 に外乱推定信号 τ_{dest} に相当する大きさの駆動力を発生させるに必要な補正信号 β を加算器 4 6 へ出力させる。さらに補正信号 β は、ブロック 2 2 とブロック 2 3 とにより $g_{mn} \cdot K_{tn}$ 倍されることから、大きさを合わせるために前もって、外乱推定信号 τ_{dest} を $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍している。

【0 0 7 2】

以上をまとめると、実施の形態 1 のディスク装置は、アクチュエータ 7 の軸受摩擦やアクチュエータ 7 と電子回路基板とを接続する FPC の弾性力や磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 の受ける慣性力などによる外乱 τ_d を打ち消すように、外乱推定信号 τ_{dest} をアクチュエータ 7 に作用させるように構成されているといえることができる。

【0 0 7 3】

図 4 (a) は、図 2 のブロック線図において、補正器 1 5 の動作に関連する加算器 4 6 から比較器 2 5、ブロック 2 4 までの部分を抜き出したブロック線図である。図 4 (b) は、比較器 2 5 に加わる外乱 τ_d とブロック 5 2 に加わる外乱 τ_d とを、1 つの τ_d にまとめたブロック線図である。なお、図 2 のブロック線図と同一の機能を有するものについては同一の符号を付して重複した説明は省略す

る。

【0074】

図4 (a) のブロック線図において、ブロック52は図3 (c) のブロック52に相当し、(数10) で表わされる伝達関数を有する。

【0075】

したがって、図4 (b) よりアーム3に外部から加わる外乱 τ_d は、(数14) の伝達関数で表されるフィルタを通してヘッド位置決め制御系に加わるものと考えることができる。

【0076】

【数14】

$$G_d(s) = 1 - \frac{\omega_o^2}{s^2 + 2\zeta_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2}$$

$$= \frac{s^2 + 2\zeta_o \cdot \omega_o \cdot s}{s^2 + 2\zeta_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2}$$

図5は、(数14) で表される伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性を折れ線近似で示したものである。図5に示す伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性から角周波数 ω_o より低い角周波数では、ゲインは0dB以下であり、角周波数 ω の下降に伴って、 $-20\text{dB}/\text{dec}$ (ディケード) の減衰比で減衰している。decは10倍を意味する。すなわち、伝達関数 $G_d(s)$ は、図5より、角周波数 ω_o より低い周波数を抑制することができる低域遮断フィルタ特性を有している。

【0077】

すなわち、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置は、アーム3に軸受摩擦や弾性力や慣性力などによる外乱 τ_d が作用しても、この外乱 τ_d を外乱推定器12により推定し、外乱推定信号 τ_{d_est} でもって外部から加わった外乱 τ_d を打ち消すように制御するように構成されている。したがって、外部から加わった外乱 τ_d が、あたかも(数14) および図5の遮断周波数特性を有するフィルタを通してヘッド位置決め制御系に加わったように作用する。

【0078】

したがって、本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置では角周波数 ω_0 以下の周波数においては、1 次の低域遮断特性でアクチュエータ 7 の軸受摩擦やアクチュエータ 7 と電子回路基板とを接続する F P C の弾性力や磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 の受ける慣性力などによる外乱を抑制することができる。

【0079】

すなわち、本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置は、外部から振動や衝撃が加わりアクチュエータ 7 に外乱 τ_d が作用しても、この外乱 τ_d を外乱推定器 1 2 により推定し、外部から加わった外乱 τ_d を打ち消すように制御するように構成されているので、あたかも磁気ディスク装置に機械的な防振機構を施したような効果がある。

【0080】

図 6 は、本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置の外乱推定器 1 2 の外乱抑制効果について、さらに詳しく説明するための時間応答波形図である。

【0081】

図 6 (a) は、外部から最大角加速度 ($d\omega_0/dt$) が 1000 rad/s^2 (ラジアン/秒²) の半正弦波状の回転衝撃が磁気ディスク装置に加わったときに、アクチュエータ 7 が受ける慣性力の外乱 τ_d の波形 6 1 (破線で示す) と、外乱推定器 1 2 が出力する外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ の波形 6 2 を示す。アクチュエータ 7 の軸受 4 の回りの慣性モーメント J を $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$ とすれば、外乱 τ_d の最大値は、

【0082】

【数 1 5】

$$\begin{aligned}\tau_{d_{max}} &= J \cdot \frac{d\omega_0}{dt} \\ &= 1000 \text{ dyn} \cdot \text{cm}\end{aligned}$$

となる。

【0083】

ここで、(数 1 1) および (数 1 2) の制御パラメータを決定する推定周波数 f_0 ($\omega_0 = 2\pi f_0$) とダンピングファクタ ζ_0 の値をそれぞれ、3 kHz および 1 に選び、位置制御系の制御帯域を 400 Hz に設定してシミュレーションを行った。

【0084】

外乱推定器 12 は、駆動器 10 の入力である駆動信号 u と電圧検出器 11 の出力する電圧信号 V_a からアクチュエータ 7 に作用する外乱トルク τ_d を推定し、わずかの時間遅れは存在するが、実際の外乱 τ_d とほぼ相似の外乱推定信号 τ_{d_est} を出力する。

【0085】

図 6 (b) は、外乱推定器 12 の出力する外乱推定信号 τ_{d_est} を補正器 15 に入力して外乱 τ_d による変動を打ち消すように外乱推定信号 τ_{d_est} をアクチュエータ 7 に作用させた場合の駆動電流 I_a の波形 64 と、外乱推定信号 τ_{d_est} を補正器 15 に入力しない場合の駆動電流 I_a の波形 63 のシミュレーション結果を示す。なお、アクチュエータ 7 のトルク定数 K_t は、23 dyn·cm/mA である。

【0086】

磁気ディスクに記録されたサーボ情報は、一定のサンプリング周期をもつ離散的な状態でディスクに記録されているため、ヘッド位置信号は連続信号ではない。したがって、デジタル処理の行われる位置制御器 14 の制御信号 c は、階段状に変化する。その結果、外乱推定信号 τ_{d_est} を補正器 15 に入力しない場合のアクチュエータ 7 の駆動電流 I_a の波形は、制御信号 c の波形と同じになり、図 6 (b) の波形 63 に示すように階段状に変化する ($I_a = g_m \cdot c = g_m \cdot u$)。外乱推定信号 τ_{d_est} を補正器 15 に入力した場合のアクチュエータ 7 の駆動電流 I_a の波形 64 は、位置制御器 14 の制御信号 c に外乱推定器 12 の外乱推定信号 τ_{d_est} を補正器 15 により加算されて生成されるため、磁気ディスク装置に回転衝撃が加わった時点 ($t = 0$) からの時間遅れが、図 6 (b) の波形 63 に比べて少ない。

【0087】

図 6 (c) は、外乱推定器 12 の出力する外乱推定信号 τ_{d_est} を補正器 15 に

入力して外乱の変動を打ち消すように外乱推定信号 τd_{est} をアクチュエータ 7 に作用させた場合の位置誤差信号 e の波形 6 6 と、外乱推定器 1 2 を適用しない場合の位置誤差信号 e の波形 6 5 のシミュレーション結果を示す。外部から半正弦波状の回転衝撃が磁気ディスク装置に加わっても、外乱推定器 1 2 を適用すれば、波形 6 6 のように位置誤差信号 e は大きく変動せず、外乱推定器 1 2 を適用しない場合の波形 6 5 と比較して外乱抑制効果が改善されている。

【 0 0 8 8 】

その結果、本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置は、外乱推定器 1 2 により、外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 の受ける慣性力などによる外乱を正確に検出することができ、外乱によるトラックずれを抑制することができ、磁気ヘッド 2 は目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置は、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、磁気ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

【 0 0 8 9 】

また、磁気ディスク装置は、携帯型のコンピュータなどに搭載されることが多く、このような携帯型のものは外部から振動や衝撃を受けやすい。このような振動や衝撃に対しても、本発明の磁気ディスク装置は、これら外部から加わる外乱 τd を外乱推定器 1 2 により推定し、外乱推定信号 τd_{est} でもって、外乱 τd を打ち消すように制御する。しかしながら、磁気ヘッド 2 を変位させるアクチュエータ 7 の発生できる駆動力には、自ずと限界があり、磁気ディスク装置に加わる振動や衝撃の大きさによっては外乱を十分に抑制しきれず、磁気ヘッド 2 が目標トラックから大きくずれる場合がある。この瞬間に磁気ヘッド 2 でデータの記録を行うと、隣接するトラックのデータを壊してしまう可能性がある。

【 0 0 9 0 】

そこで、外乱推定器 1 2 で生成される外乱推定信号 τd_{est} を外乱監視手段としての比較器 1 8 で常に監視しておき、所定のレベルを超えた場合には、記録禁止手段としてのスイッチ 1 7 をオフにすることにより、磁気ヘッド 2 によるデータの記録を禁止するように構成している。大きな振動や衝撃が加わらない通常状態では、スイッチ 1 7 は閉じている。したがって、記録するデータ信号 d が増幅器

16で増幅され、磁気ヘッド2により目標トラックにデータが記録される。外乱推定器12で生成される外乱推定信号 τd_{est} の絶対値がしきい値レベルより高いときに比較器18より“H”レベルの切換信号 t が出力される。ここで、しきい値レベルは、磁気ヘッド2が目標トラックから大きくずれる程度の振動や衝撃に対応する値である。比較器18から出力される切換信号 t は、スイッチ17の制御部に入力されていて、切換信号 t が“H”レベルのときにスイッチ17を開放する。磁気ディスク装置で、データを記録しているときに大きな振動や衝撃が加わったために磁気ヘッド2が目標トラックから大きくずれ、隣接するトラックまで移動しても、その場合にはスイッチ17が開放されているため、磁気ヘッド2での記録が禁止される。そのため、隣接トラックのデータを壊すことがない。

【0091】

このように構成することにより、磁気ヘッド2が目標トラックから大きくずれ、隣接するトラックまで移動する恐れのあるときには、磁気ヘッド2によるデータの記録を禁止することができるので、隣接トラックに記録されているデータを誤って消去することがない。記録できなかったデータは、その後、再度書き込みを行えばよい。

【0092】

なお、上述した本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置では、外乱推定器12に対する一方の入力信号としてブロック47から出力される駆動信号 u を入力するように構成したが、駆動信号 u の代わりにブロック22から出力される駆動器10の出力する駆動電流 I_a を用いても同様の効果を得ることができることは言うまでもない。

【0093】

(実施の形態2)

図7は本発明の実施の形態2にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。図8は、実施の形態2の磁気ディスク装置におけるヘッド位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図である。なお、前述の実施の形態1と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

【 0 0 9 4 】

図 7 に示す実施の形態 2 の磁気ディスク装置において、図 1 の実施の形態 1 と異なるところは、外乱推定器に入力される信号である。すなわち、図 1 の実施の形態 1 では、電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 V_a と駆動信号 u とが外乱推定器 1 2 へ入力される構成であったが、図 7 の実施の形態 2 では、電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 V_a と位置制御器 1 4 の生成する位置制御信号 c とが外乱推定器 7 0 に入力されるように構成されている。

【 0 0 9 5 】

図 7 の外乱推定器 7 0 で生成された外乱推定信号 τd_{est} は、補正器 1 5 に入力されている。補正器 1 5 は、位置制御器 1 4 の出力する位置制御信号 c と外乱推定器 7 0 の外乱推定信号 τd_{est} とが入力され、補正器 1 5 で補正演算を施した後、駆動信号 u を駆動器 1 0 へ出力する。

【 0 0 9 6 】

図 8 の一点鎖線で囲んだ部分のブロック 6 0 が外乱推定器 7 0 のブロック線図である。外乱推定器 7 0 には、加算器 2 8 の出力である電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 V_a とブロック 2 1 で表される位置制御器 1 4 の生成する位置制御信号 c とが入力される。

【 0 0 9 7 】

前述の実施の形態 1 の外乱推定器 1 2 では、次のようにしていた。第 1 の積分器のブロック 4 3 の係数 (g_2/s) を乗算して得られた信号と第 2 の乗算器のブロック 4 4 の係数 (g_1) を乗算して得られた信号とを加算器 3 8 で加算する。その加算結果で得られた信号と、第 1 の乗算器のブロック 4 1 の係数 ($g_{mn} \cdot K_{tn}$) を乗算して得られた駆動トルク推定信号 τ_{est} とが減算器 3 1 に入力される。減算器 3 1 で減算して得られた信号 γ を第 2 の積分器のブロック 4 2 に入力していた。すなわち、補正信号 β が加算された駆動信号 u を外乱推定器 1 2 に入力しているために、図 2 の加算器 3 8 を必要としていた。

【 0 0 9 8 】

しかし、実施の形態 2 の外乱推定器 7 0 では、補正信号 β が加算される前の位置制御信号 c を入力する構成であるため、図 2 に示すような加算器 3 8 は不要で

ある。

【0 0 9 9】

なお、図 8 において、ブロック 3 2 とブロック 3 3 を合わせたブロック 4 1 が第 1 の乗算器、ブロック 4 4 が第 2 の乗算器を構成し、ブロック 4 3 が第 1 の積分器、ブロック 3 4 とブロック 3 5 を合わせたブロック 4 2 が第 2 の積分器を構成している。

【0 1 0 0】

このように構成された実施の形態 2 の磁気ディスク装置における外乱推定器 7 0 の動作について、前述の実施の形態 1 の外乱推定器 1 2 の動作と比較して図 2 および図 8 を参照しつつ説明する。

【0 1 0 1】

まず、図 2 において、実施の形態 1 の外乱推定器 1 2 を構成する第 2 の積分器 4 2 の入力を γ とすれば、信号 γ は、減算器 3 1 に着目して、

【0 1 0 2】

【数 1 6】

$$\gamma = \tau_{\text{est}} - (\tau_{\text{dest}} + g_1 \cdot \alpha)$$

$$= g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot u - (\tau_{\text{dest}} + g_1 \cdot \alpha)$$

ところが、駆動信号 u は、図 2 の加算器 4 6 に着目して（数 1 7）で表わされる。

【0 1 0 3】

【数 1 7】

$$u = c + \beta$$

$$= c + \frac{1}{g_{mn} \cdot K_{tn}} \cdot \tau_{\text{dest}}$$

したがって、（数 1 6）および（数 1 7）より、信号 γ は、（数 1 8）で表わすことができる。

【0 1 0 4】

【数 18】

$$\gamma = g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot c - g_1 \cdot \alpha$$

(数 18) をもとにして、図 2 に示す実施の形態 1 の外乱推定器 12 のブロック線図 30 を書き換えると、図 8 に示す外乱推定器 70 のブロック線図 60 のようになる。図 8 に示すように、位置制御器 14 (ブロック 21) の生成する位置制御信号 c がブロック 32 の乗算器に入力され、ブロック 32 の出力はブロック 33 の乗算器に入力されている。このため、位置制御信号 c に係数 ($g_{mn} \cdot K_{tn}$) を乗算することにより駆動トルク推定信号 τ_{est} を求めることができる。

【0105】

一方、外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ は、ブロック 47 で表される補正器 15 に入力される。したがって、前述の実施の形態 1 と同様に実施の形態 2 の磁気ディスク装置は、外乱推定器 70 の働きにより、電圧検出器 11 の生成する電圧信号 V_a と位置制御器 14 の生成する位置制御信号 c とからアーム 3 に作用する外乱トルクを推定し、外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ を出力する。外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ は、軸受摩擦や弾性力や慣性力などのアーム 3 に作用する外乱 τ_d を打ち消すように補正器 15 に入力される。

【0106】

その結果、本発明の実施の形態 2 の磁気ディスク装置は、外乱推定器 70 により、外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 の受ける慣性力などによる外乱を正確に検出することができる。アクチュエータ 7 に加わる軸受摩擦や FPC の弾性力や外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 の受ける慣性力などによる外乱 τ_d が作用しても、この外乱 τ_d を外乱推定器 70 により推定し、推定された外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ をもって外部から加わった外乱 τ_d を打ち消すように制御するように構成されている。したがって、実施の形態 1 と同様、外部から加わった外乱 τ_d が、あたかも (数 14) および図 5 の遮断周波数特性を有するフィルタを通して位置決め制御系に加わったように作用する。したがって、本発明の実施の形態 2 の磁気ディスク装置では角周波数 ω_0 以下の周波数においては、1 次の低域遮断特性で外乱を抑制することができる。外乱によるトラック

ずれを抑制することができ、磁気ヘッド 2 は目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

【 0 1 0 7 】

また、磁気ディスク装置が外部から受ける振動や衝撃に対して、外乱推定器 70 で生成される外乱推定信号 τd_{est} を外乱監視手段としての比較器 18 で常に監視しておき、所定のレベルを超えた場合には、記録禁止手段としてのスイッチ 17 をオフにすることにより、磁気ヘッド 2 によるデータの記録を禁止するように構成している。大きな振動や衝撃が加わらない通常状態では、スイッチ 17 は閉じている。したがって、記録するデータ信号 d が増幅器 16 で増幅され、磁気ヘッド 2 により目標トラックにデータが記録される。外乱推定器 70 で生成される外乱推定信号 τd_{est} の絶対値がしきい値レベルより高いときに比較器 18 より “H” レベルの切換信号 t が出力される。ここで、しきい値レベルは、磁気ヘッド 2 が目標トラックから大きくずれる程度の振動や衝撃に対応する値である。比較器 18 から出力される切換信号 t は、スイッチ 17 の制御部に入力されていて、切換信号 t が “H” レベルのときにスイッチ 17 を開放する。磁気ディスク装置で、データを記録しているときに大きな振動や衝撃が加わったために磁気ヘッド 2 が目標トラックから大きくずれ、隣接するトラックまで移動しても、その場合にはスイッチ 17 が開放されているため、磁気ヘッド 2 での記録が禁止される。そのため、隣接トラックのデータを壊すことがない。

【 0 1 0 8 】

このように構成することにより、磁気ヘッド 2 が目標トラックから大きくずれ、隣接するトラックまで移動する恐れのあるときには、磁気ヘッド 2 によるデータの記録を禁止することができるので、隣接トラックに記録されているデータを誤って消去することがない。記録できなかったデータは、その後、再度書き込みを行えばよい。

【 0 1 0 9 】

このように、実施の形態 2 の磁気ディスク装置によれば、外乱推定器 70 と補正器 15 の構成に必要な加算器の数を実施の形態 1 の磁気ディスク装置に比べて

削減することができる。したがって、実施の形態 2 の磁気ディスク装置は、実施の形態 1 と比べて、より簡単な構成でヘッド位置決め制御系に外乱として作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などのアーム 3 に作用する外乱 τd を推定することが可能となり、ヘッドの位置決め制御を安定に行うことができ、磁気ヘッド 2 を狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高い精度で位置決めさせることができる。

【 0 1 1 0 】

さらに、実施の形態 2 の磁気ディスク装置においては、加算器の数を削減したことにより、位置決め制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、位置決め制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能である。

【 0 1 1 1 】

図 2 のブロック 3 0 と同じように構成された外乱推定器 7 0 においては磁気ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、外乱推定器 7 0 の制御帯域は、位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。

【 0 1 1 2 】

さらに、実施の形態 2 の磁気ディスク装置においては、外乱推定器 7 0 と補正器 1 5 を構成する加算器の数を削減できるので、制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能となり、より制御帯域を高めることが可能となる。

【 0 1 1 3 】

なお、上述してきた各実施の形態では、乗算器や積分器はアナログ・フィルタで構成するもので説明したが、デジタル・フィルタで構成することも可能である。さらに、各実施の形態の位置制御系を構成する各部についてはマイクロコンピュータによるソフトウェアにより実現するようにしてもよい。

【 0 1 1 4 】

なお、以上説明した各実施の形態では磁気ディスク装置で説明したが、本発明

は、これに限定されるものではない。

【 0 1 1 5 】

【発明の効果】

以上のように本発明のディスク装置によれば、外乱推定手段によりアクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と回路基板とを接続する F P C の弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段に作用する慣性力などの外乱を正確に検出することができ、目標トラックに向かうフォーロ잉動作時にアクチュエータ手段に作用する外乱の変動が大きくても、外乱の変動を補償できるので、目標トラックに対するヘッドの位置決め精度を向上させることができる。併せて、ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力を打ち消すことで、ディスク装置の耐衝撃特性を向上させることができ、ヘッドの位置決め制御を安定に行うことができる。

【 0 1 1 6 】

また、ディスク装置が外部から受ける振動や衝撃に対して、外乱推定手段で生成される外乱推定信号を外乱監視手段で常に監視しておき、所定のレベルを超えた場合には、記録禁止手段によってヘッドによるデータの記録を禁止するように構成しているので、ディスク装置で、データを記録しているときに大きな振動や衝撃が加わったためにヘッドが目標トラックから大きくずれ、隣接するトラックまで移動しても、隣接トラックに記録されているデータを誤って消去することがない。

【 0 1 1 7 】

したがって、本発明のディスク装置は、携帯型のコンピュータなどに搭載され、データの記録時に外部から大きな振動や衝撃を受けても、記録されているデータを誤消去することがないので、振動や衝撃に対しても信頼性の高いディスク装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図 2】 本発明の実施の形態 1 の位置決め制御系の全体構成を示すブロック

線図

【図 3】 本発明の実施の形態 1 の外乱推定器の外乱推定動作を説明するためのブロック線図 (a) と、(a) のブロック線図を等価変換したブロック線図 (b) と、(a) のブロック線図をまとめて表現したブロック線図

【図 4】 本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置に加わる外乱を抑制する動作を説明するためのブロック線図 (a) と、(a) のブロック線図を等価変換したブロック線図 (b)

【図 5】 本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置に加わる外乱に対する遮断周波数特性図

【図 6】 本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置に加わる外乱の変動と外乱推定器が出力する外乱推定信号の時間波形図 (a) と、外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器に入力しない場合の駆動電流時間波形図 (b) と、外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器に入力して外乱の変動を打ち消した場合のトラック誤差の時間波形図 (c)

【図 7】 本発明の実施の形態 2 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図 8】 本発明の実施の形態 2 の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

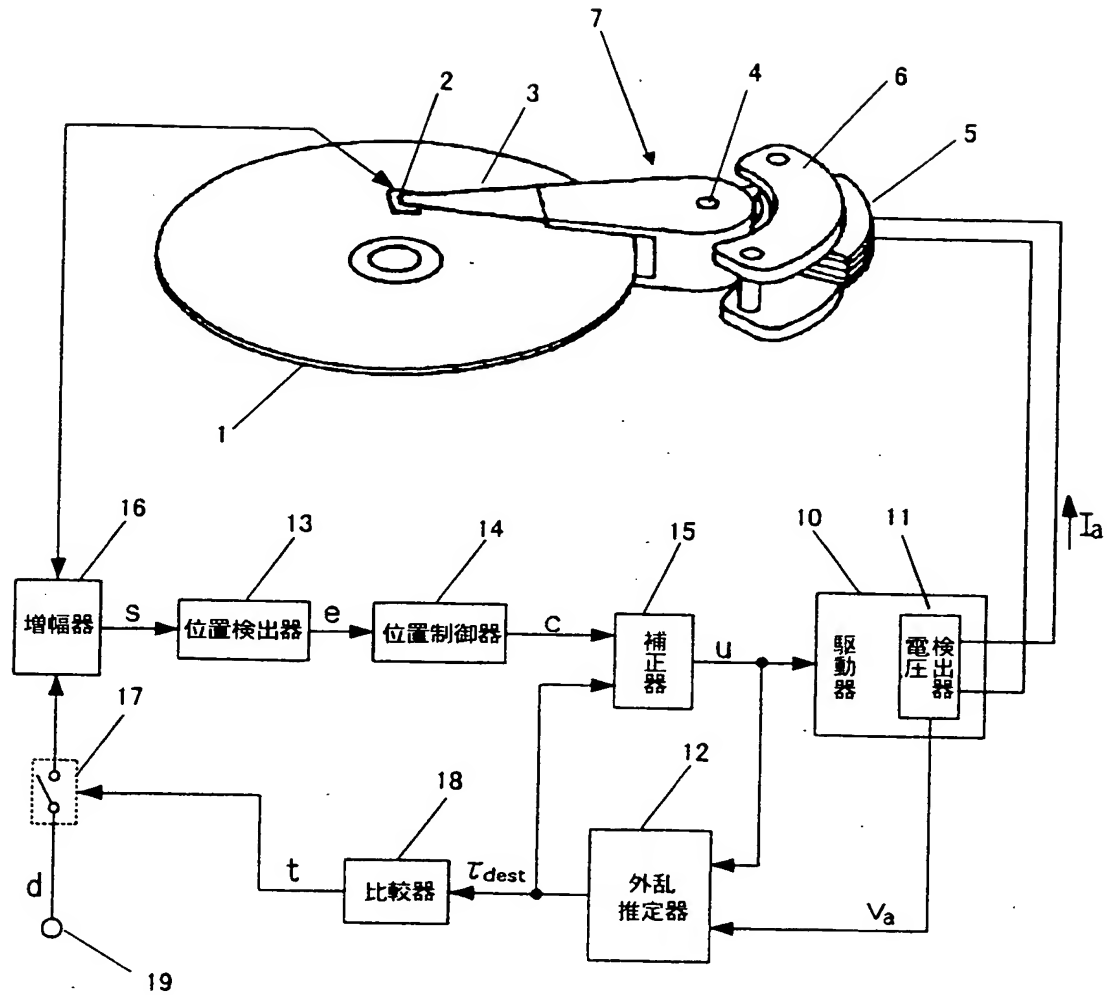
【符号の説明】

- 1 磁気ディスク
- 2 磁気ヘッド
- 3 アーム
- 4 軸受
- 5 駆動コイル
- 6 固定子
- 7 アクチュエータ (アクチュエータ手段)
- 10 駆動器 (駆動手段)
- 11 電圧検出器 (電圧検出手段)
- 12, 70 外乱推定器 (外乱推定手段)

- 1 3 位置検出器 (位置検出手段)
- 1 4 位置制御器 (位置制御手段)
- 1 5 補正器 (補正手段)
- 1 7 スイッチ (記録禁止手段)
- 1 8 比較器 (外乱監視手段)
- 1 9 データ入力端子
- 3 2, 3 3 第 1 の乗算器 (第 1 の乗算手段)
- 4 3 第 1 の積分器 (第 1 の積分手段)
- 4 4 第 2 の乗算器 (第 2 の乗算手段)
- 3 4, 3 5 第 2 の積分器 (第 2 の積分手段)
- 3 7 比較器 (比較手段)
- u 駆動信号
- e 誤差信号
- c 位置制御信号
- v ヘッド移動速度
- v_{est} 速度推定信号
- τ 駆動トルク
- t 切換信号
- τd 外乱
- τd_{est} 外乱推定信号
- $I a$ 駆動電流
- $I a_{est}$ 推定電流
- $E a$ 誘起電圧
- $E a_{est}$ 誘起電圧推定信号
- $V a_{est}$ 電圧推定信号
- β 補正信号
- d データ信号

【書類名】 図面

【図 1】



1 磁気ディスク

2 磁気ヘッド

3 アーム

4 軸受

5 駆動コイル

6 固定子

7 アクチュエータ

c 制御信号

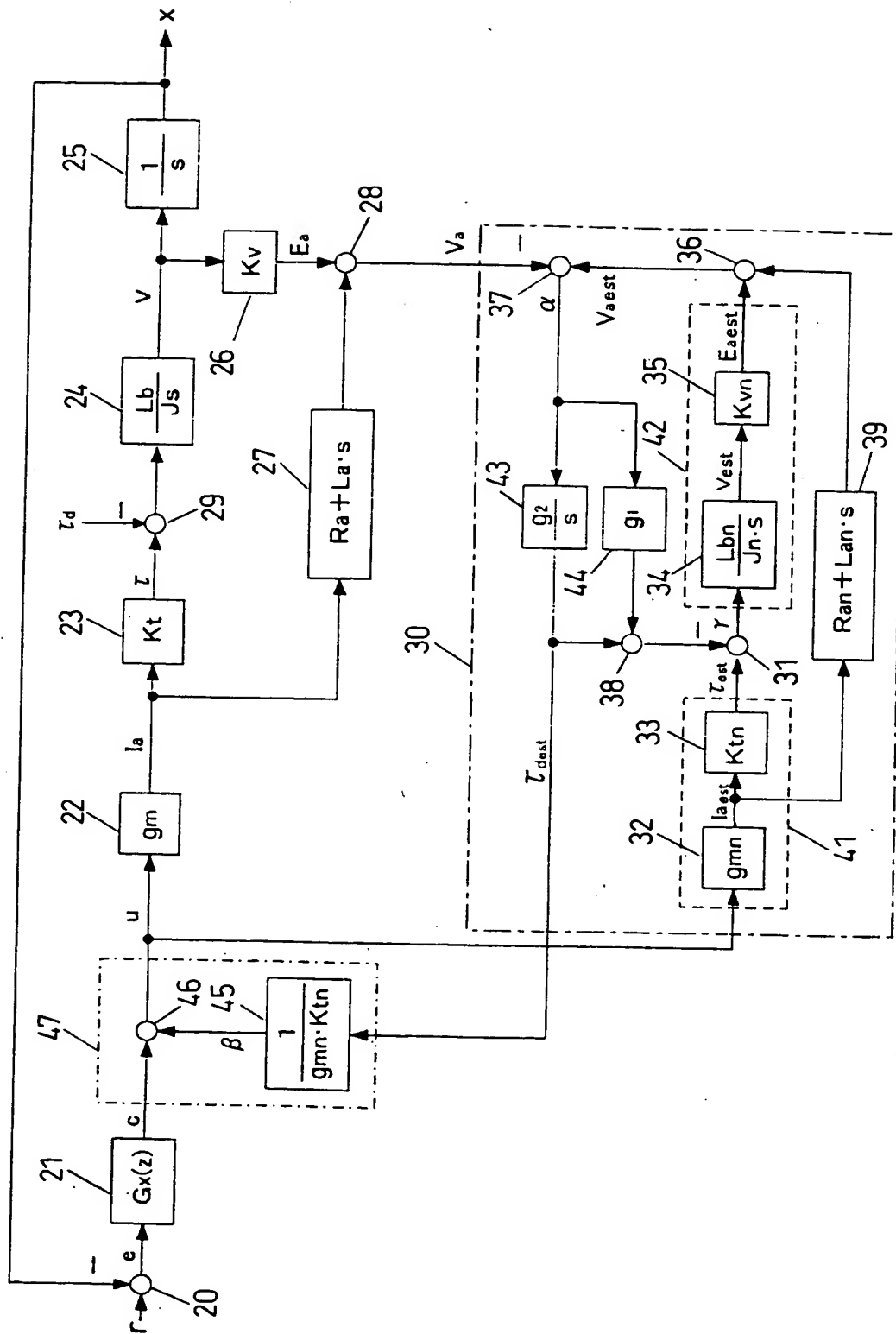
u 駆動信号

Va 電圧信号

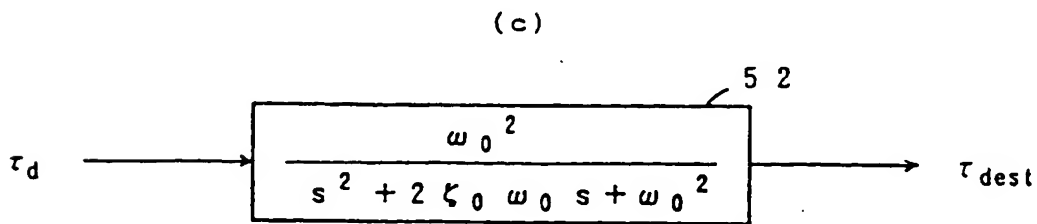
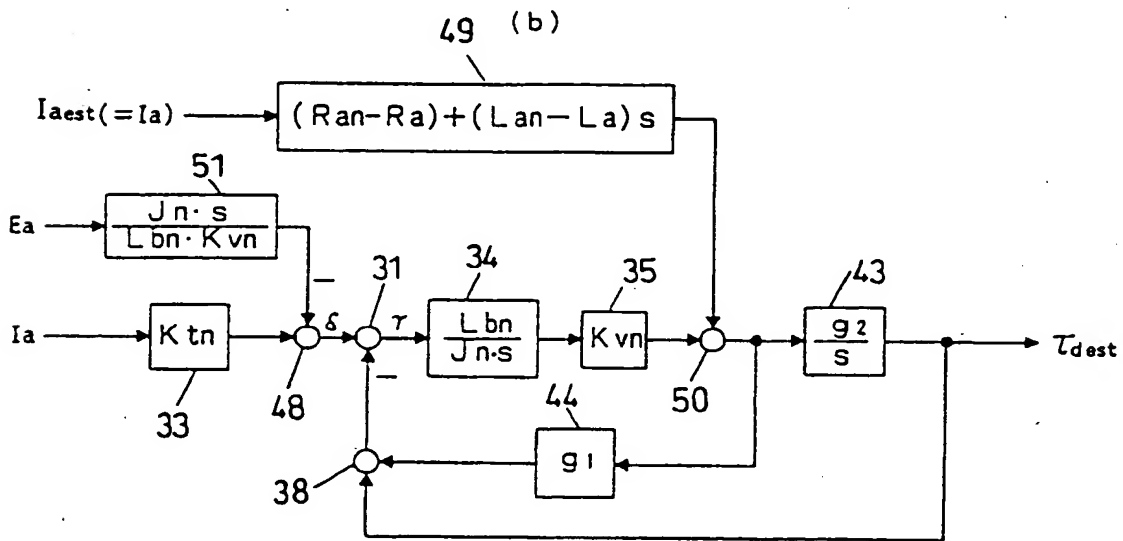
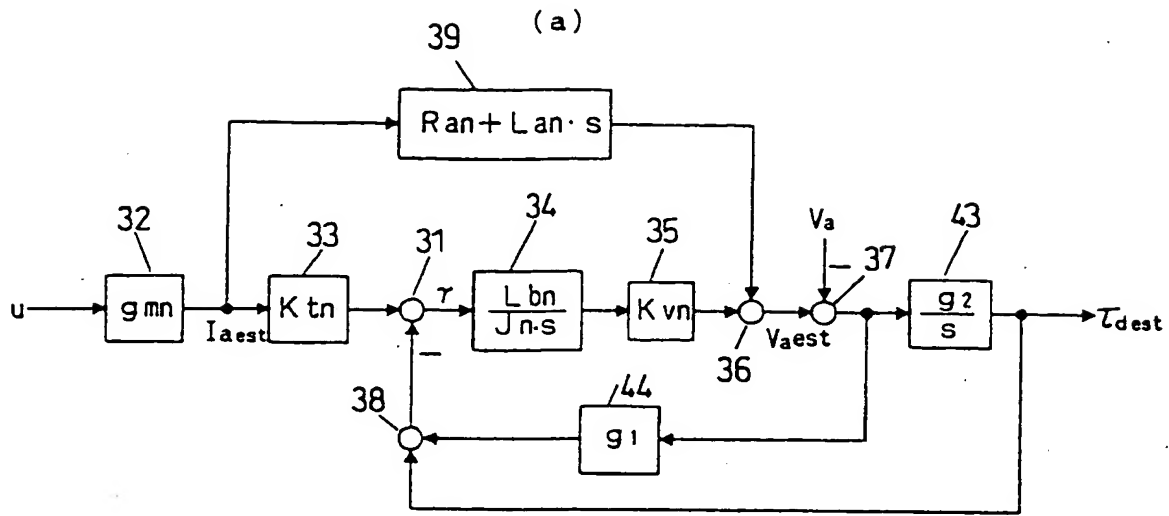
t 切換信号

τ_{dest} 外乱推定信号

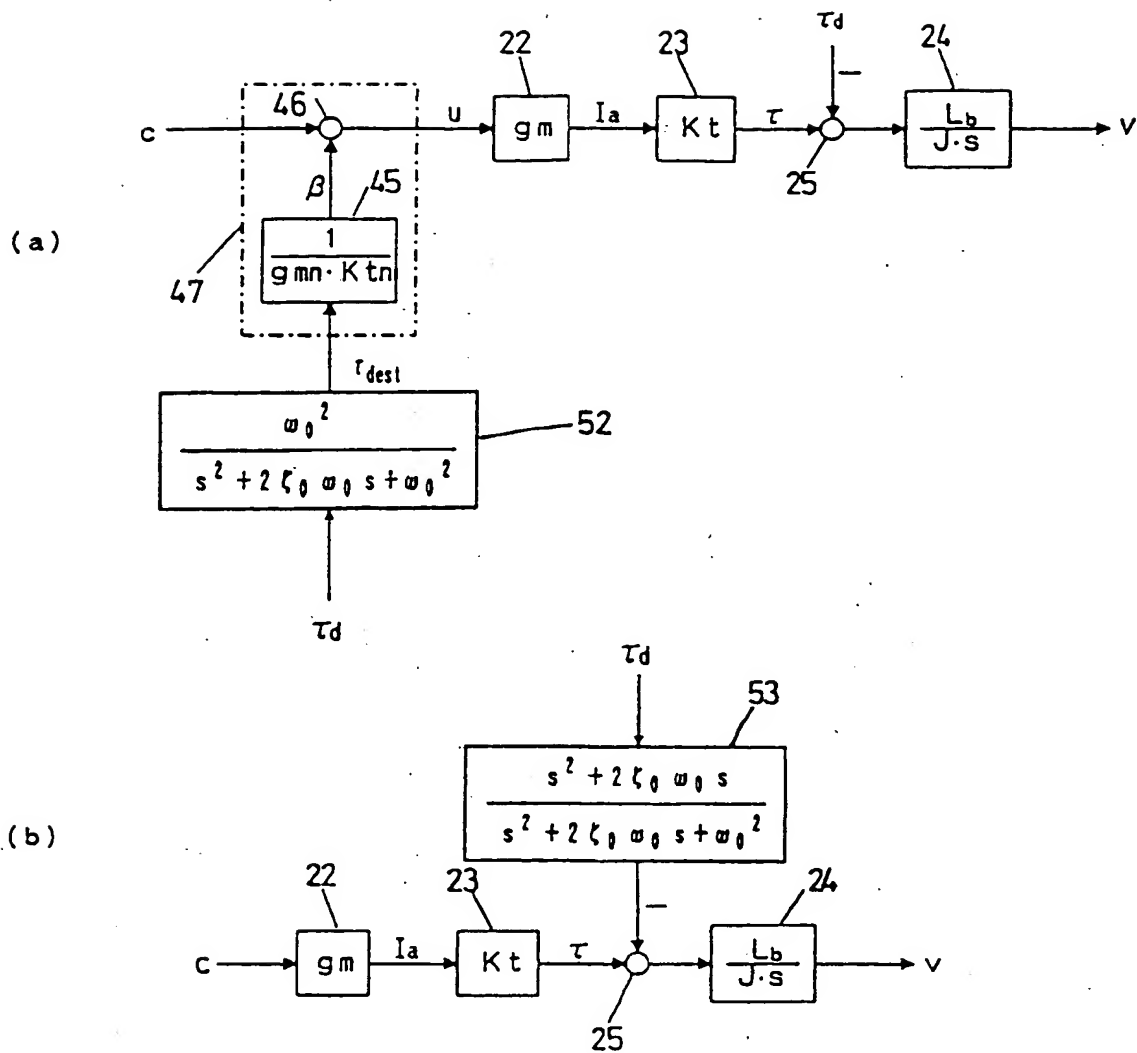
【図2】



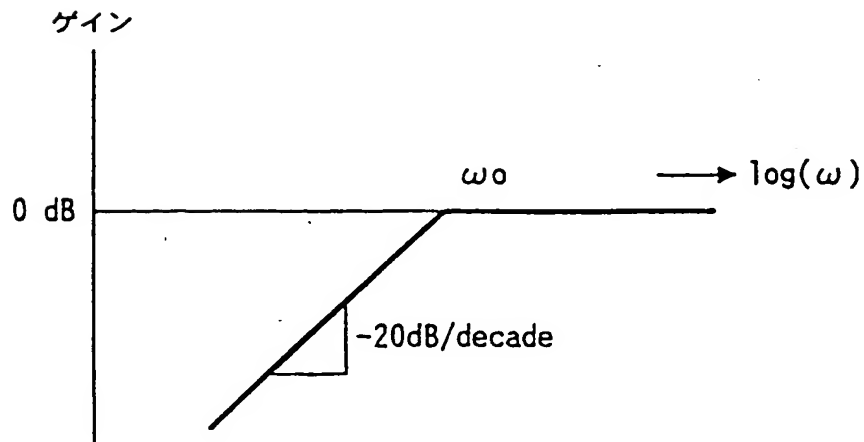
【図 3】



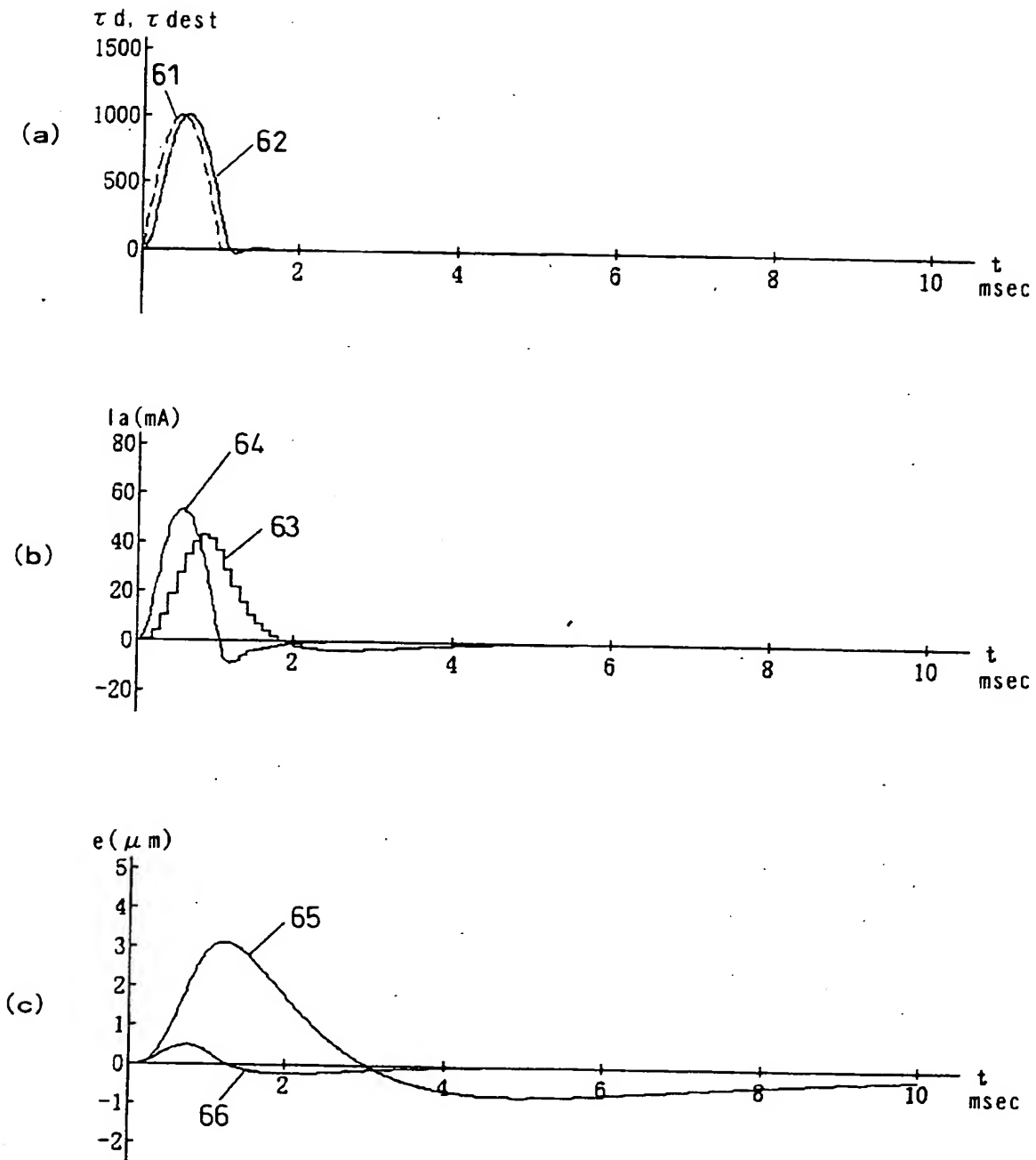
【図 4】



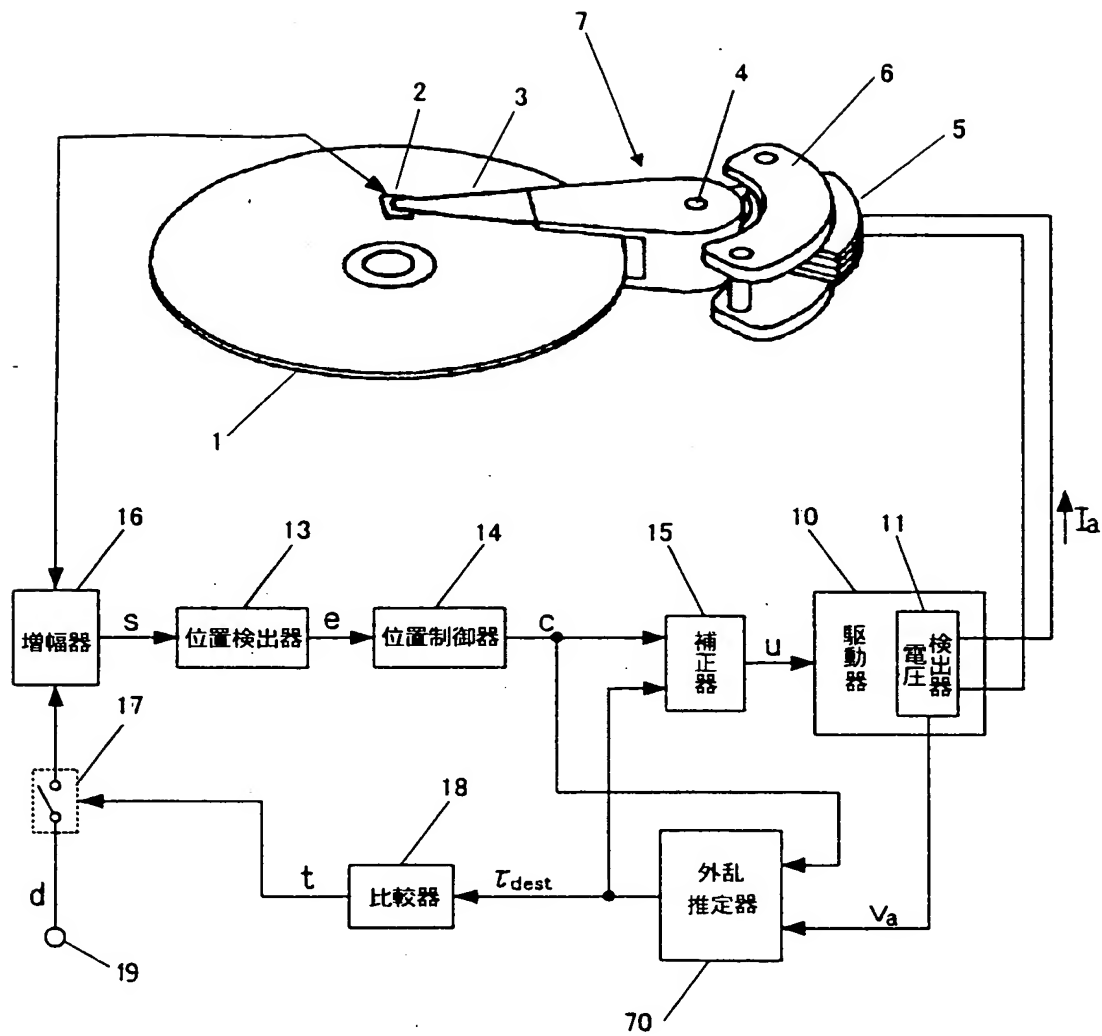
【図 5】



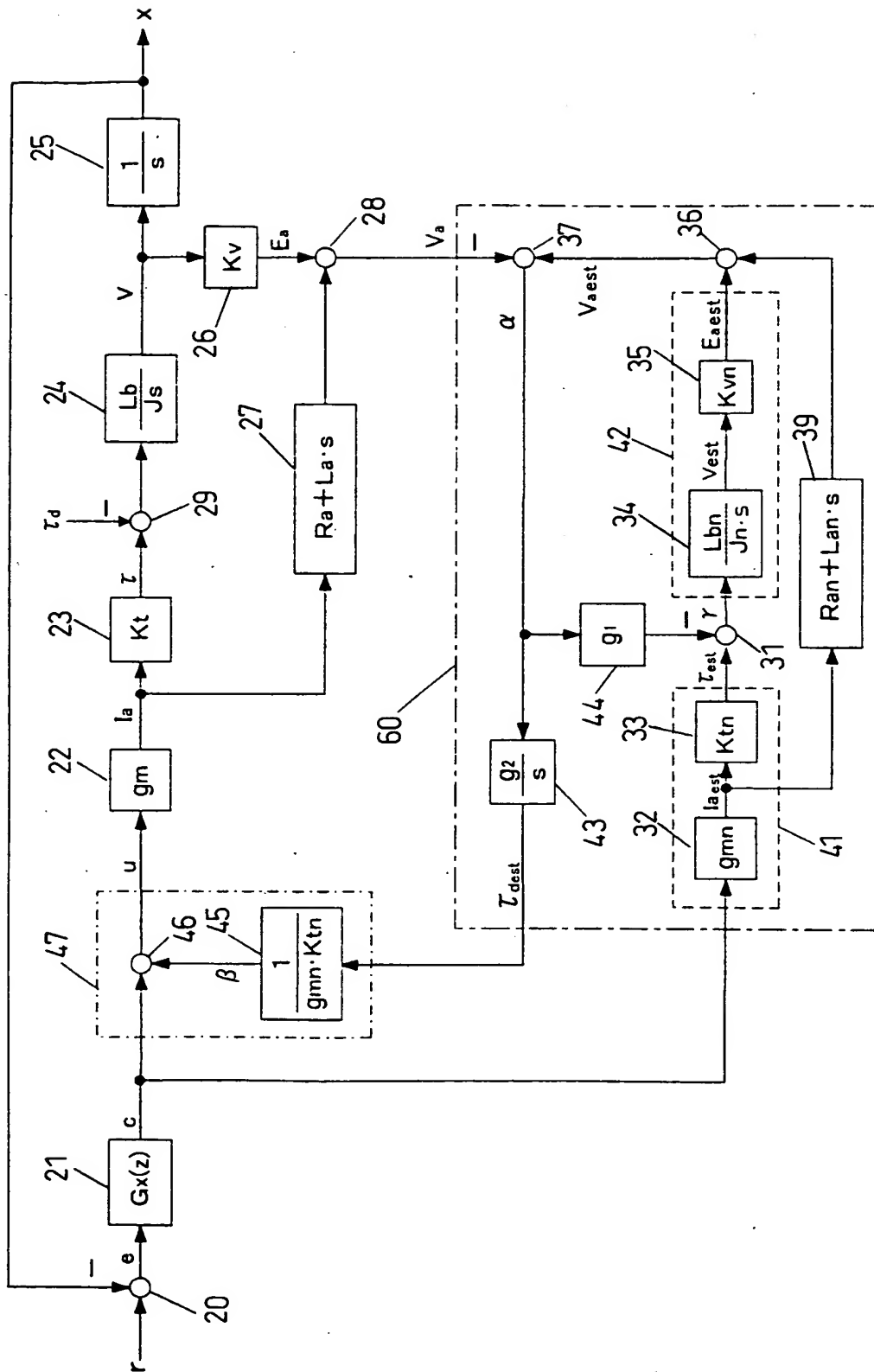
【図 6】



【図 7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 データ記録時に大きな衝撃や振動が加わり磁気ヘッドが目標トラックから大きくずれても、隣接トラックの誤消去を禁止できるようにする。

【解決手段】 磁気ヘッド 2 の位置決めを行うアクチュエータ 7 の駆動手段 1 0、アクチュエータ駆動で発生する電圧信号 V_a の電圧検出手段 1 1、駆動信号 u と電圧信号 V_a からヘッドに加わる外乱負荷の大きさを推定し外乱推定信号 τd_{est} を出力する外乱推定手段 1 2、ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号 e を生成する位置検出手段 1 3、位置誤差信号 e より制御信号 c を生成する位置制御手段 1 4、外乱推定信号 τd_{est} と制御信号 c より駆動信号 u を出力する補正手段 5、外乱推定信号が所定値を超えたときに切換信号 t を出力する外乱監視手段 1 8、切換信号 t に応じてヘッドによる記録を禁止する記録禁止手段 1 7 を備える。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-050896
受付番号	50100267935
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成13年 2月27日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 2月26日
-------	-------------

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名 松下電器産業株式会社